

Anna Karjalainen
Vilhelmiina Seppänen

Kepin tasapainottelutesti jalkapöydän päällä

Testivälineen ja protokollan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti (AMK)

Fysioterapian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

22.4.2015

Tekijät Otsikko	Anna Karjalainen, Vilhelmiina Seppänen Kepin tasapainottelutesti jalkapöydän päällä - Testivälineen ja protokollan kehittäminen
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liite Kevät 2015
Tutkinto	Fysioterapeutti (AMK)
Koulutusohjelma	Fysioterapian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Fysioterapia
Ohjaajat	Tiina Karihtala, Fysioterapian lehtori Anu Valtonen, Fysioterapian yliopettaja
<p>Tämän työn tarkoituksena oli kehittää taitolajeja harrastavien urheilijoiden kanssa töitä tekeväille fysioterapeuteille uusi testi, jonka avulla voitaisiin arvioida urheilijoiden silmä-jalka-koordinaatiota ja yhden jalan tasapainoa. Testiprotokollan lisäksi kehitettiin testissä tasapainoteltava keppi. Testin tarkoituksena on tuoda esille mahdollisia puutteita tai heikkouksia näissä taitolajeille tärkeissä ominaisuuksissa ja siten auttaa urheiluvammojen synnyn ennaltaehkäisemisessä.</p> <p>Testi kehitettiin käden päällä tehdyn kepin tasapainottelun idean perusteella, mutta tasapainoteltava keppi siirrettiin jalan päälle. Testissä käytettävä keppi valmistettiin tilaustyönä Metropolia Ammattikorkeakoulun apuvälinetekniikan osastolla. Kepin mitat suunniteltiin niin, että keppiä olisi mahdollisimman helppo tasapainotella. Keppiä ja testiprotokollaa pilotoitiin 40 henkilöllä, joista suurin osa oli muodostelmaluistelijoita. Tarkoituksena oli tarkentaa ja selkeyttää testiprotokollaa, sekä havainnoida erilaisia kepin tasapainottelu- ja kiinniottostrategioita testin tulevia tutkimuksia varten.</p> <p>Kepin tasapainottelutestissä yläpäästään painotettua, silmien korkeudelle ylettyvää keppiä tasapainotellaan ilmassa olevan jalan päällä. Keppiä tasapainoteltaessa seistään siis yhdellä jalalla. Tarkoituksena on saada keppi pysymään pystyssä mahdollisimman pitkään liikuttamalla ilmassa olevaa alaraajaa. Palaute kepin asemasta tulee pääosin näköaistin, mutta myös proprioseptisen aistin välityksellä.</p> <p>Testien aikana tehtyjen havaintojen perusteella voidaan päätellä, että testisuoritusten onnistuminen näyttäisi liittyvän muun muassa nopeaan motoriseen oppimiseen, hyvään yhden jalan tasapainoon ja harjaantuneeseen silmä-jalka-koordinaatioon. Tätä ei kuitenkaan tutkittu vielä tässä työssä. Käyttömahdollisuuksia testillä on todennäköisesti muidenkin urheilulajien parissa. Testin virallistaminen vaatii kuitenkin vielä lisätutkimuksia, joissa selvitetään muun muassa testin toistettavuutta ja tulosten yhteyttä muiden testien tuloksiin, sekä kepin tasapainottelutekniikoiden yhteyttä testattavan taustaan.</p>	
Avainsanat	silmä-jalka-koordinaatio, testiprotokolla, urheiluvammat, tasapainoteltava keppi, näköaisti, proprioseptinen aisti

Authors Title	Anna Karjalainen, Vilhelmiina Seppänen Stick Balancing Test on the Foot - Developing the Test Device and Protocol
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendix Spring 2015
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Physiotherapy
Specialisation option	Physiotherapy
Instructors	Tiina Karihtala, Senior Lecturer of Physiotherapy Anu Valtonen, Principal Lecturer of Physiotherapy
<p>The purpose of this study was to develop a test that could measure eye-foot coordination and one leg balance for physiotherapists working with athletes in aesthetic sports. In addition to the test protocol, a special stick was developed for the test. The purpose of the test is to bring out possible weaknesses in eye-foot coordination and one leg balance and thereby help with prevention of sports-related injuries.</p> <p>The test was developed based on a concept of stick balancing on the palm but for this test the stick was placed on the instep of the foot. The stick was custom-made at Metropolia University of Applied Sciences by Prosthetics and Orthotics students. The measures of the stick were designed to be ideal for balancing on the foot. The stick and the test protocol were piloted by 40 people, most of them synchronized skaters. The purpose of the pilot tests was to specify and clarify the test protocol and to observe various balancing and catching strategies of the stick for future analysis of the test.</p> <p>In the stick balancing test on the foot, a stick weighted from the top that reaches eye level is balanced on an aerial foot. Therefore the stick balancing is performed on one-leg stand. The aim is to keep the stick in an upright position as long as possible by moving the aerial lower limb. The feedback of the position of the stick comes mainly through visual perception but also through proprioception.</p> <p>Based on the observations made during the pilot tests the successful balancing seems to be connected to fast motor learning, good one leg balance and trained eye-foot coordination. This was, however, not yet examined. It is probable that the test can also be used among other sports. However, the formalization of the test requires more research on intertester repeatability, comparability to other tests, and what the link is between stick balancing strategies and the background of the testee.</p>	
Keywords	eye-foot coordination, sports-related injuries, stick balancing, test protocol, visual perception, proprioception

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoite ja tarkoitus	3
3	Tasapainon ylläpitoon ja kepin tasapainotteluun vaikuttavia tekijöitä	4
3.1	Havaintomotoriikka ja silmä-jalka-koordinaatio	5
3.2	Proprioseptiset palautejärjestelmät	6
3.3	Tasapainon ylläpitäminen yhdellä jalalla	8
3.4	Strategiat kepin tasapainottelussa	10
3.5	Testin oppiminen	12
4	Tulokset	15
4.1	Testissä käytettävä keppi	15
4.2	Testin kehittäminen	19
4.3	Testitilanne ja testiin valmistautuminen	21
4.4	Testin suoritus	22
5	Pohdinta	25
5.1	Testivälineen onnistuminen ja kehitysideoita	25
5.2	Testiprotokollan onnistuminen ja kehitysideoita	26
5.3	Testin jatkotutkimukset ja hyödyt	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Kepin tasapainottelutesti jalkapöydän päällä - ohjeet testaajalle	

1 Johdanto

Taitolajeiksi voidaan luokitella urheilulajit, joissa lajille ominainen taitoharjoittelu on pääosassa harjoittelussa. Tällaisia urheilulajeja ovat esimerkiksi voimistelulajit, taito- ja muodostelmaluistelu sekä baletti. Taitolajeissa vaaditaan urheilijalta vahvoja motorisia taitoja, hyvää tasapaino- ja koordinaatiokykyä ja joustavaa koko kehon hallintaa. Vaativien lajisuoritusten aikana kehon eri aistijärjestelmien avulla tehdään tarkkoja havaintoja liikkeiden kulusta ja ohjataan niitä motorisen järjestelmän avulla haluttuun suuntaan. Sensoriikan ja motoriikan yhteistyöstä hyvänä esimerkkinä on silmä-jalka-koordinaatio, joka perustuu alaraajojen liikkeiden tarkkaan ohjaamiseen näköaistin avulla (Kauranen 2011: 244). Esimerkiksi taitoluistelun kilpailuohjelman liikkeissä on määritelty tarkat suunnat ja asennot kaikille kehon osille, jolloin luistelijan täytyy ympäristöstä tulevan visuaalisen palautteen avulla jalkoihin katsomatta ohjata luistinta jäällä niin, että liuku tapahtuu haluttuun suuntaan luistelijan kaatumatta. Joukkuevoimistelussa taas omat askeleet on suhteutettava muun joukkueen liikkumiseen sopiviksi. Silmä-jalka-koordinaation merkitys korostuu silloin erityisesti ohjelmaan pakollisena kuuluvissa askelsarjoissa.

Aikaisempien tutkimusten perusteella on havaittu, että kepin tasapainottelu käden päällä vaatii onnistuakseen eri aisteista tulevaa palautetta. Näissä tutkimuksissa tehtyjen johtopäätösten mukaan sama pätee myös kehon vakauttamiseen. (Reeves - Narendra - Cholewick 2010; Foo - Kelso - de Guzman 2000.) Niin kepin kuin kehonkin tasapainon ylläpitäminen vaatii siis aktiivista vakauttamista visuaalisen ja proprioseptisen palautteen avulla. Tutkimuksia kepin tasapainottelusta käden päällä on tehty useita, mutta samaa ei ole tutkittu juuri ollenkaan jalan päällä. Mitä tapahtuu, kun keppi siirretään jalan päälle, jolloin laajemmat liikeketjut joutuvat tekemään tasapainottelevia liikkeitä? Lisäksi kehon tasapainoa horjutetaan seisomalla yhdellä jalalla.

Taitolajeille suunnattua testiä, joka mittaisi lajeissa vaadittavaa yhden jalan tasapainoa, vartalonhallintaa ja silmä-jalka-koordinaatiota, ei vielä ole. Sen vuoksi olikin ajankoh-
taista kehittää testi, joka olisi lajinomaisempi ja monipuolisempi, kuin esimerkiksi jalkapallossa käytettävät silmä-jalka-koordinaatiotestit. Tästä lähti idea suunnitella ominaisuuksiltaan sopiva keppi, jota alaraajan varassa ollessaan voisi sensorisen palautteen perusteella tasapainotella, samaan aikaan yhdellä jalalla seisten.

Testiprotokollan pilottitesteissä tehtyjen havaintojen perusteella kepin tasapainottelutestin avulla voitaisiin mahdollisesti selvittää tasapainossa ja silmä-jalka-koordinaatiossa olevia puutteita ja niiden avulla lähteä ennaltaehkäisemään urheiluvammoja. Lisäksi motorisella oppimisella ja yhden jalan tasapainolla on roolin-
sa testisuorituksessa. Kepin tasapainottelutehtävän avulla on tutkittu myös isoavohe-
misfäärien eri osien yhtäaikaista toimintaa (Kinsbourne - Hicks 1978). Testillä saattaa
siis olla jatkossa monenlaisia käyttötarkoituksia taitolajiominaisuuksien testaamisen
ohella ja siitä voivat hyötyä niin fysioterapeutit kuin valmentajatkin.

2 Tavoite ja tarkoitus

Työn tilaaja, Jouko Heiskanen, toimii työssään taitolajien, kuten muodostelmaluistelun ja baletin harrastajien ja ammattilaisten kanssa. Näiden urheilulajien parissa on herännyt tarve lajinomaiselle testille, joka mittaisi lajeissa tarvittavia ominaisuuksia. Tämän työn tavoitteena on kehittää tähän tarpeeseen sopiva testi, jolla voitaisiin mitata taitolajeissa tärkeitä ominaisuuksia, kuten tasapainoa, vartalonhallintaa tai silmä-jalkakoordinaatiota. Näissä ominaisuuksissa havaittujen puutosten perusteella voidaan ennaltaehkäistä urheilussa syntyviä vammoja.

Tarkoituksena on kehittää tilaustyönä testiprotokolla jalkapöydän päällä tehtävälle kepin tasapainottelutestille ja testivälineeksi sopiva keppi. Pilottitestien avulla selvitetään onko testiprotokolla toimiva. Testiprotokollan kehittäminen on pohjatyö tuleville tutkimuksille testiin liittyen ja havainnot auttavat testin kehittämisessä.

3 Tasapainon ylläpitoon ja kepin tasapainotteluun vaikuttavia tekijöitä

Keskushermoston avulla lihaksia ja niveliä ohjataan toimimaan halutulla tavalla. Liikkeen muodostamiseen vaikuttavat keskushermoston toiminnan lisäksi myös yksilön ominaisuudet, suoritettava tehtävä sekä ympäristön luomat puitteet. (Kauranen 2011: 12; Shumway-Cook - Woollacott 2012: 3-4.) Suoritettavan tehtävän, ympäristön ja yksilön ominaisuuksia tarkkaillaan kehon sisäisen palautejärjestelmän avulla. Tähän palauttejärjestelmään kuuluvat muun muassa näkö-, kuulo- ja vestibulaariaisti sekä proprioceptorit, jotka havainnoivat kehon eri osien liikkeitä ja asentoja. (Kauranen 2011: 120, 135; Schmidt - Lee 1999: 110.)

Tahdonalaisen liikkeen muodostus ja säätely alkaa ylemmistä aivoalueista, isoaivojen assosiatiivisista- ja premotorisista kuorialueista, josta se etenee primaariselle motoriselle kuorikerrokselle, jossa valmis liikekäsky muodostetaan. Viimeisteltä liikekäsky etenee selkäydintä pitkin ääreishermostoon, joka välittää lihakselle käskyn supistua. Automaattiset heijastetoiminnot ja pikkuaivot osallistuvat liikkeen muodostukseen ja muuttavat tarvittaessa liikkeen suuntaa tai voimaa tehtävään sopivammaksi. (Kauranen 2011: 119.) Pikkuaivojen rooli motoriikan säätelyssä korostuu erityisesti tasapainon hallinnassa (Kauranen - Nurkka 2010: 351).

Lihassupistusten säätelyyn osallistuu myös erilaisia automaattisia heijastetoimintoja, jotka muodostetaan tiedostamatta. Tällä tavalla ohjautuvia liikkeitä kutsutaan avoimen ketjun liikkeiksi, sillä ne eivät perustu aistijärjestelmien antamaan informaatioon. Tämän takia liikkeet pystytään aloittamaan ja suorittamaan nopeasti, toisin kuin hitaammat, tiedostetut liikkeet. Palauteohjattuja tiedostettuja liikkeitä kutsutaan suljetun ketjun liikkeiksi, jotka perustuvat pääasiassa näkö- ja tuntoaistin antamaan informaatioon. (Kauranen 2011: 119, 135, 137; Shumway-Cook - Woollacott 2012: 27.) Kepin tasapainottelussa jalkapöydän päällä käytetään sekä avointa-, että suljettua ketjua tasapainotteliikkeiden säätelyssä (Cabrera - Luciani - Milton 2006).

3.1 Havaintomotoriikka ja silmä-jalka-koordinaatio

Havaintomotoriikalla tarkoitetaan näköaistin kautta tulevan informaation hyödyntämistä liikkumisessa (Kauranen 2011: 156). Visuaalinen palaute onkin koko testin keskeisimpiä seikkoja, sillä testisuorituksen aikana kepin liikkeitä havaitaan pääasiassa näköaistin avulla, kun katse pidetään kepin yläpäässä. Ilman näköaistia kepin tasapainottelu pidempiä aikoja jalkapöydän päällä on erittäin vaikeaa. Kepin liikkeiden havainnoinnin lisäksi havaintomotoriikka mahdollistaa myös kehon asennon hahmottamisen ympäristössä ja vaikuttaa siten tasapainon ylläpitoon (Kauranen 2011: 156). Mitä vaativampi kehon asento on, sitä enemmän tasapainoa kontrolloivat mekanismit tarvitsevat näköaistin avulla saatua informaatiota (Hazime ym. 2011).

Näköaistin kautta saatu informaatio ajaa muiden aistielinten kautta saatujen informaatioiden ohi, sillä silmässä on 70 % kaikista elimistön aistinsoluista. Kehon asentoa ja liikkeitä ohjaavat heijasteet säätelevät silmän liikkeitä niin, että kepin pää pysyy tarkan näön alueella, vaikka keppi liikkuu, tai itse liikutaan. (Kauranen 2011: 156; Sand - Sjaastad - Haug - Bjålie 2011: 167, 175.) Näköaistin avulla hahmotetaan siis kepin kaatumissuuntaa ja nopeus, ja alaraajan korjaavan liikkeen avulla viedään keppiä samaan suuntaan. Liikkeiden ajoittuessa oikein ja käytettäessä oikeanlaista voimaa, kepin kaatumisliike pystytään korjaamaan ja keppi pysyy pystyssä. Näköaistin avulla arvioidaan myös liikkeiden tarkoituksenmukaisuutta, kun suoritettua liikekaavaa verrataan kepin liikkeisiin. Arviot perustuvat aiemmin opittuun tietoon siitä, kuinka kauan kepin kaatumiseen on aikaa ja minkälaisella korjausliikkeellä se saadaan korjattua. (Magill 2011: 153.)

Testin aikana näköaistin kautta tuleva informaatio kepin pään sijainnista ja liikkeistä siirtyy silmän verkkokalvon ganglioista näköhermoja pitkin talamuksen kautta näköaivokuorelle, josta se välittyy aivokuoren eri alueille. Aivokuori tuottaa havaintoja näkemisen kohteen eri ominaisuuksista, kuten väristä, muodosta ja sijainnista. Näin pystytään aistimaan kolmiulotteisesti ympäristöä ja omaa kehoa, ja sitä kautta suhteuttamaan omaa toimintaa ympäristön muutoksiin. Samat alueet aivoissa säätelevät myös muun muassa hienomotorista silmä-käsi-koordinaatiota, esineisiin tarttumista ja havainnoimalla oppimista. (Kravitz - Kadharbatcha - Baker - Mishkin 2011; Sandström - Ahonen 2011: 30–31.) Tällä tavoin pystytään havaitsemaan näköaistin avulla kepin pään pieniäkin liikkeitä, suhteuttamaan ne ympäristöön ja reagoimaan niihin tarkoituksenmukaisesti.

Taitolajeissa motorisesti haastavat ja tarkasti määritellyt liikesarjat täytyy usein sovittaa tiettyyn tilaan tai kuvioon, jolloin alaraajoja täytyy kontrolloida tarkasti. Alaraajojen liikkeen tarkka ohjaaminen tapahtuu visuaalisen palautteen perusteella ja sitä kutsutaan silmä-jalka-koordinaatioksi. Omaa liikkumista täytyy myös pystyä suhteuttamaan ympärillä oleviin ihmisiin ja kohteisiin, jotta ei synny törmäyksiä. (Magill 2011: 153–154, 157.) Silmä-käsi-koordinaatioon verrattuna visuaalisen palautteen perusteella ohjatut alaraajojen liikkeet ovat suuripiirteisempiä eli karkeamotorisempia. Silmä-jalka-koordinaatiota vaativia liikkeitä ohjataan usein pääasiassa ekstrapyramidijärjestelmän ja ennalta ohjelmoitujen lihassynergioden avulla. (Kauranen 2011: 244.) Kepin liikkeitä on kuitenkin kepin tasapainottelutestissä havainnoitava myös näköaistin avulla, jolloin alaraajan koordinaatiota ohjataan myös tiedostetusti muodostetuilla liikkeillä.

Silmä-jalka-koordinaation lisäksi testin alussa ja lopussa tarvitaan näköaistin ja käsien yhteistyötä, silmä-käsi-koordinaatiota. Kepin asettelu jalkapöydän päälle vaatii hienomotorista käsien liikettä, kun keppi asetellaan tasapainoon testin alussa. Kepin kaatuessa se on saatava nopeasti kiinni, jolloin näköaistin avulla tehtyjen havaintojen perusteella liikutetaan yläraajaa sopivalla nopeudella kepin suuntaan ja suljetaan sormet kepin ympärille oikealla hetkellä.

3.2 Proprioseptiset palautejärjestelmät

Jotta on mahdollista seistä yhdellä jalalla ja tasapainotella keppiä toisella, keskushermosto tarvitsee jatkuvaa tietoa kehon eri osien asennoista, liikkeistä, liikesuunnista ja nopeuksista. Tätä informaatiota keräävät sensoristen hermojen päässä olevat reseptorit, jotka sijaitsevat ympäri kehoa erityisesti lihaksissa, jänteissä, nivelissä ja ihossa. Näitä reseptoreita kutsutaan yhteisesti proprioseptiseksi järjestelmäksi, jonka avulla keskushermosto voi säädellä motoristen yksiköiden toimintaa. (Kauranen 2011: 169; Kauranen - Nurkka 2010: 349; Magill 2011: 113.)

Lihassukkulat ovat poikkijuovaisissa lihaksissa sijaitsevia pieniä aistinelimiä, joiden määrä vaihtelee lihaskohtaisesti. Lihassukkulan sidekudoksinen kotelo kiinnittyy lihas-ten kalvoihin ja jänteisiin. Lihaksen venyessä liikkeessä tai passiivisessa venytyksessä lihassukkulat venyvät ja lähettävät keskushermostolle informaatiota lihaksen pituudesta ja sen muutoksista. (Kauranen - Nurkka 2010: 349; Magill 2011: 112–113.) Tieto lihas-

sukkulan venytyksestä kulkee selkäyttimeen, jossa on synapsi saman lihaksen alfa-motoneuroniin. Alfa-motoneuronin kautta kulkee venyneelle lihakselle käsky supistua. Samalla selkäytimestä lähtee lihaksen antagonistien alfa-motoneuroneiden toimintaa inhiboiva käsky. Näin vältetään lihaksen liialliselta venymiseltä ja mahdolliselta vauriolta. Osa lihassukkulasta lähtevistä impulsseista päätyy myös aivoihin, minkä seurauksena muutkin kuin venyttyneet lihakset aktivoituvat supistumaan omina liikeketjuinaan. Tämä on tärkeää erityisesti pystyasennon säätelyssä. (Kauranen 2011: 183; Sand ym. 2011: 121; Sandström - Ahonen 2011: 35–36.)

Edellä kuvattuun venytysheijasteeseen perustuvat ihmisen erilaiset tasapainostrategiat. Pystyasentoa pidetään yllä painovoimaa vastaan lihassukkuloiden aiheuttaman ojenusheijasteen avulla. Aivot voivat tarvittaessa myös herkistää gamma-motoneuronien välityksellä lihassukkuloiden toimintaa, jolloin ne pystyvät reagoimaan todella nopeasti pieneenkin lihaksen pituuden muutokseen. (Kauranen - Nurkka 2010: 104, 132–134.) Tilanteessa, jossa joudutaan pitämään yllä yhden jalan seisoma-asentoa, jotta pystytään tasapainottelemaan keppiä toisen jalan päällä, tukijalan lihasten lihassukkulat herkistyvät, koska lihaksia aktivoidaan tahdonalaisesti tasapainon ylläpitämiseksi. Nämä lihassukkulat reagoivat todella pieniinkin lihasten pituuden muutoksiin, jollaisia aiheuttaa muun muassa kehon spontaani huojunta. Tällä tavoin voidaan tehokkaasti ylläpitää yhden jalan tasapainoa testitilanteessa, jossa huomiota täytyy kiinnittää myös kepin tasapainotteluun.

Golgin jänne-elimet sijaitsevat lihas-jänneliitosten alueilla ja mittaavat poikkijuovaisten lihasten supistusvoimaa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Golgin jänne-elimien reseptorit reagoivat hyvin pieneenkin aktiiviseen lihassupistukseen, kun supistuksessa lyhenevät lihassäikeet painavat reseptorisoluja kasaan. Sen avulla saadaan tietoa lihasten jännitustasoista myös paikallaan pysymisen aikana. Golgin jänne-elimistä kulkee vain afferentteja hermosoluja keskushermostoon. Ne välittävät tietoa pikkuaivojen kautta aivorunkoon ja iso-aivokuorelle, jotka säätelevät lihaksiin menevien alfa-motoneuroneiden toimintaa tarpeen mukaan kiihdyttävästi tai hidastavasti. (Enoka 2008: 254–255; Kauranen - Nurkka 2010: 349–350.) Myös nivelten asentoja aistitaan Golgin jänne-elimien avulla, erityisesti liikkeen aikana tai kannateltaessa lisäpainoa (Sandström - Ahonen 2011: 37). Keppiä ilmassa olevan jalan päällä kannateltaessa yläraajan riittävää nostovoimaa ja lonkkanivelen kulmaa voidaan näin säädellä keppiin lisätyn painon ansiosta. Tavoitteena on saada lihaksiin aikaan mahdollisimman optimaalinen jännitustaso, joka ei kuormita yksittäistä lihasta liikaa, mutta asento saadaan kuitenkin pidettyä yllä. Tes-

tin aikana tukijalan lihasten jännitystasosta ja nivelten asennoista saadaan informaatiota erityisesti juuri Golgin jänne-elimestä tulevan palautteen perusteella. Sen avulla määritellään ja pidetään yllä sopiva lihasten supistusvoima, jolla tasapaino pysyy mahdollisimman taloudellisesti yllä.

Nivelreseptorit ja ihon mekanoreseptorit. Myös nivelten alueella on proprioseptisiä reseptoreita erityisesti nivelkapselissa ja nivelsiteissä. Nämä reseptorit keräävät tietoa nivelten asennoista ja liikkeistä, nivelen sisäisestä paineesta sekä nivelen liikkeiden kulmanopeuksista. Valtaosa nivelreseptoreista aktivoituu kuitenkin vain nivelten ääri-asennoissa, minkä vuoksi nivelten asennoista kertovan informaation uskotaankin tulevan Golgin jänne-elimen lisäksi pääasiassa ihon mekanoreseptoreiden aktivoitumisesta liikkeessä. Tasapainon ylläpitämisen kannalta keskeiset mekanoreseptorit välittävät tietoa ihoon kohdistuvasta paineesta, kosketuksesta ja venytyksestä. (Kauranen - Nurkka 2010: 349–350; Magill 2011: 113–114; Proske - Gandevia 2009; Schmidt - Lee 1999: 113.) Yhden jalan seisonnan aikana ihon reseptorit välittävät tietoa muun muassa tukijalan jalkapohjan paineen jakautumisesta. Ilmassa olevan alaraajan jalkapöydän ihossa olevat reseptorit taas aistivat kepin aiheuttamaa painetta ja sen vaihtelua kepin tasapainoaseman vaihdellessa. Tämän informaation avulla valitaan tasapaino- ja kepin tasapainottelustrategioita.

3.3 Tasapainon ylläpitäminen yhdellä jalalla

Testin aikana katsesuuntaa vakauttaa, asentoja ja tasapainoa säätelee ja toimimista ohjaa myös vestibulaari- eli tasapainoelinjärjestelmä. Sisäkorvan luusokkelossa sijaitseva tasapainoelin koostuu kalvosokkelon sisällä olevista erilaisista asento- ja liikereseptoreista. (Kauranen - Nurkka 2010: 342.) Sisäkorvasta tulevat ärsykkeet kulkevat n. vestibulocochlearista pitkin ydinjatkeen pohjassa oleviin tasapainotumakkeisiin, jossa ne yhdistetään muuhun kehosta saatuun tasapainoa ylläpitävään informaatioon. (Sandström - Ahonen 2011: 28–29.) Tämän informaation perusteella säätyvät eri reitit pitkin automaattiset, tasapainoa ylläpitävät heijasteet, katseen kiinnittäminen liikkuvaan kohteeseen ja esimerkiksi meneillään olevien liikkeiden korjausmekanismit (Sand ym. 2011: 166). Havaintomotoriikan ja sensoristen palautejärjestelmien yhteistoiminnan avulla pystytään siis tasapainoilemaan yhdellä jalalla ja kontrolloimaan jalkapöydän päällä olevan kepin liikkeitä samanaikaisesti.

Tasapainoa säätelevistä aistijärjestelmistä keskeisimpiä sisäkorvan tasapainoelinjärjestelmän lisäksi ovat näköaisti ja proprioseptinen järjestelmä. Näköaistin kautta tulevien ärsykkeiden seurauksena näköaivokuorella muodostuu kuva ympäristöstä lähinnä erilaisten suorien pohjalta ja näkökentässä olevat vaaka- ja pystyviivat vaikuttavatkin suuresti asennon hahmottamiseen tilassa. Erityisesti vaakasuuntaisilla viivoilla on merkitystä tasapainon hallinnan kannalta, sillä tasapainoa säädellään visuaalisesti horisontin avulla. Proprioseptisen palautteen avulla taas ohjataan lihasten toimintaa tarkoituksenmukaiseksi tasapainon ylläpitoon. Pikkuvaivot yhdistelevät näkö-, tasapainoelin- ja proprioseptiojärjestelmistä tulevaa informaatiota ja osallistuvat tasapainon hienosäätelyyn. Pikkuvaivoilla on merkittävä rooli eritoten liikkeiden säätelyn ennakkoinnissa, joka mahdollistuu jatkuvan sensorisen palautteen ansiosta. (Kauranen - Nurkka 2010: 342, 347–351.) Yhden jalan tasapainoa pidetään siis testissä pitkälti yllä ennakoituilla korjausliikkeillä ja automaattisilla heijasteilla, joiden avulla pyritään pitämään katsesuunta vaakatasossa ja keho pystyasennossa. Korjausliikkeet tapahtuvat lihasten muodostamien liikeketjujen eli niin kutsuttujen lihassynergioiden avulla (Kauranen 2011: 183).

Seisoma-asennossa tasapainoa horjuttaa kehon spontaani huojunta, joka aiheutuu pääasiassa hengityksestä ja pystyasentoa ylläpitävien lihasten vuorottaisesta supistumisesta ja rentoutumisesta. Ennakoivien, huojuntaa korjaavien toimintojen lisäksi tasapainon korjaukseen käytetään erilaisia ennalta ohjelmoituja tasapainostrategioita, jotka korostuvat yhden jalan seisonnassa, kun koko kehon paino on yhden jalan päällä ja tukipinta on pieni. Nilkkastrategialla tarkoitetaan pääasiassa alemmassa (Calcaneuksen inversio ja eversio) ja ylemmässä nilkkanivelessä (dorsifleksio ja plantaarifleksio) tapahtuvia huojuntaa korjaavia liikkeitä. Lisäksi nilkkastrategiaan kuuluvat nilkan pronation ja supinaation lisäksi myös niistä aiheutuvat, ylemmäs alaraajaan vaikuttavat rotaatiot. Jos nilkkastrategia toimii tehokkaasti, ei suurempia korjaavia liikkeitä ylempänä kehossa tarvita niin paljon. Kun kehon huojunta kasvaa tarpeeksi suureksi, nilkkastrategian korjausmekanismi ei enää riitä tasapainon ylläpitoon. Silloin käyttöön otetaan lonkkastrategia, joka perustuu lantion liikkumiseen pois luotisuoralta: lonkkanivelen fleksioon ja ekstensioon, sekä adduktioon ja abduktoon. (Sandström - Ahonen 2010: 60, 169–170.) Kun nilkka- ja lonkkastrategia yhdessäkään eivät riitä tasapainon ylläpitoon, voidaan kehon painopistettä alentaa koukistamalla polvea ja lonkkaa, jolloin painopisteen siirtämiseen tukipinnan ulkopuolelle tarvitaan suurempia vääntömomenteja (Kauranen - Nurkka 2010: 355). Viimeisenä vaihtoehtona otetaan käyttöön askelustusstrategia, joka tarkoittaa sitä, että tasapainon horjuessa tarpeeksi paljon, otetaan askel johonkin suuntaan. Kepin tasapainotestissä askeleen ottamisesta seuraa

kuitenkin kepin kaatuminen ja suorituksen päätyminen. Normaalisti alaraajojen tasapainottelustrategioiden lisäksi tasapainon ylläpitoa tukee myös käsistrategia, joka koostuu yläraajojen, lapaluiden ja rintarangan yläosan tasapainottelevista liikkeistä. Toisinaan tasapainoa saatetaan korjata myös pään asentoa muuttamalla. (Sandström - Ahonen 2010: 60, 169–170.)

3.4 Strategiat kepin tasapainottelussa

Keppiä tasapainoteltaessa havaintomotorista ja proprioseptistä informaatiota on osattava käyttää hyödyksi tasapainottelutehtävään sopivalla tavalla. Kepin huonosti ennakoitavissa oleva liike lisää näköaistin kautta tulevan palautteen merkitystä, kun näköaistin avulla havaitaan kepin kaatumissuuntaa ja sitä, kuinka nopeasti kaatumiseen on reagoitava. Kepin kaatuessa proprioseptistä palautetta tulee enemmän kuin kepin ollessa tasapainossa. On myös mahdollista, että tasapainoisessa asennossa palautetta ei vain hyödynnetä, koska se on tarpeetonta silloin, kun keppi on tasapainossa. Tämän vuoksi kepin tasapainoasema havaitaan vasta, kun kepestä päästetään irti ja tasapainottelu alkaa. Kepin tarkka asettelu testin alussa on siis turhaa, koska kepin liike herkistää reagoimaan vain silloin, kun se on vaarassa kaatua. (Foo ym. 2000.)

Keppi voi menettää tasapainoasemansa neljällä eri tavalla. Yleisimmin harjoittelun alkuvaiheessa kepin kallistumiskulma kasvaa liian suureksi, kun alaraajalla ei osata tehdä tarvittavia korjausliikkeitä. Tällöin testisuorituksen kesto on lyhyt, yleensä alle 2 sekuntia, ja keppi kaatuu suoraan sille asetellusta tasapainoasemasta. Toinen mahdollisuus on, että kepin kallistuskulma kasvaa niin suureksi, ettei sitä yletytä korjaamaan alaraajalla, jolloin jalkaa ei enää saada kepin painovoimalinjan alle. Kallistuskulman voi yllättäen kasvattaa liian suureksi myös liian voimakas ennenaikainen kepin tasapainon korjausliike. Silloin keppiä tasapainottava kaatumisen suuntainen liike vie kepin tukipisteen ohi sen painovoimalinjasta, jolloin keppi lähtee kaatumaan vastakkaiseen suuntaan. Korjausliike voi olla myös voimakkuudeltaan kepin kaatumiskulmaan nähden riittämätön, tai liian myöhään suoritettu, jolloin keppi jatkaa kaatumistaan korjausliikkeestä huolimatta. (Foo ym. 2000.)

Tehokkain tapa pitää keppi tasapainossa on tehdä ilmassa olevalla alaraajalla tasaisessa tahdissa samansuuruisia heilahduksia horisontaalitasossa. Jatkuvat heilahdukset kasvattavat kuitenkin kepin kaatumiskulmaa, koska käänteisen heilurin oma rytmi

rikkoutuu ulkopuolisen voiman (keppiä tasapainotteleva raaja) vaikutuksesta, minkä vuoksi sen liikkeistä tulee ennalta arvaamattomia. (Butikov 2001.) Huolimatta tasapainottelijan taitavuudesta keppi joka tapauksessa lopulta kaatuu (Cabrera ym. 2006). Täysin tasakokoisia heilahduksia on myös lähes mahdotonta tehdä tasaisella rytmillä, joten todennäköisesti jossain vaiheessa isompi tai pienempi heilahdus horjuttaa kepin tasapainoa ja se pitää korjata isommalla korjausliikkeellä (Foo ym. 2000). Kun kepin tasapainottelussa harjaannutaan, on mahdollista ottaa käyttöön muitakin tasapainottelustrategioita. Tehokkaimmin käänteisen heilurin tasapainoa pitää yllä nopea oskillatio, tai tärinä, jota voidaan tehdä alaraajalla vertikaali- tai horisontaalitasossa. Tärinä pitää kepin pystyssä niin tehokkaasti, että lisäksi ei tarvita nopeita tasapainon korjausliikkeitä, vaan tukipistettä, eli ilmassa olevaa jalkaa, voidaan liikuttaa hitaasti kepin mahdolliseen kaatumissuuntaan. (Butikov 2001.)

Edellä mainitut kepin tasapainottelukeinot ovat tiedostettuja liikkeitä. Nämä niin kutsutut suljetun ketjun liikkeet ovat riippuvaisia sensorisesta informaatiosta, jonka avulla muutetaan kepin tasapainoa korjaavia liikkeitä kepin liikkeisiin. Tämän informaation perusteella keskushermosto pystyy ohjaamaan ja korjaamaan liikekäskyjä oikeaan suuntaan liikkeen ollessa vielä kesken tai tekeillä: liike saa jatkua suunnitellusti tai se korjataan halutunlaiseksi. Eri aistien tuottaman informaation perusteella aivoista lähtee käskyjä liikuttaa eri kehonosia, erityisesti keppiä tasapainottelevaa raajaa niin, että kepin kaatumisliike pystyttäisiin kumoamaan. (Kauranen 2011: 135–136; Magill 2011: 88–89.) Ihmisen hermosto ehtii reagoimaan kepin kaatumiseen noin 0,1–0,2 sekunnissa. Tämä hermoston reagoinnin viive on otettu huomioon kepin suunnittelussa, sillä kun keppi on tarpeeksi pitkä ja painava, sen kaatumisliike hidastuu niin paljon, että hermostolla on aikaa reagoida sen kaatumiseen. (Cabrera ym. 2006.) Alle 10 cm pituista keppiä ei enää pysty tasapainottelemaan, koska lyhyempi keppi kaatuu niin nopeasti, että hermosto ei ehdi reagoimaan siihen (Atay 1999). Kun kepin tasapainotteluun totutaan oppimisen myötä, kepin liikkeistä tulee ennustettavampia, jolloin tiedostettujen korjaavien liikkeiden liikemalleja voidaan toteuttaa lähes automaattisesti (Cabrera ym. 2006; Cipra 2004).

Korjaavia liikkeitä tapahtuu myös hermoston reagointiaikaa nopeammin. Näitä liikkeitä varten sensorinen järjestelmä ei ehdi tuottaa hyödyllistä palautetta, jonka avulla korjausliikkeitä voitaisiin kontrolloida tiedostetusti. (Cabrera - Milton 2004a: 696; Kauranen 135, 137.) Tällaista tasapainottelun toimintaa kuvaavat hitaat, mutta laajat kepin tukipisteen (jalan) liikkeet ja nopeat, mutta pienet kepin tasapainoa korjaavat liikkeet. Liik-

keet ovat jaksottaisia avoimen ketjun liikkeitä, jotka tapahtuvat tiedostamatta. (Cabrera ym. 2006.) Tätä epäsäännöllistä liikettä kutsutaan yleisesti nimellä Lévy flight, joka tarkoittaa rajoittamattomia, sattumanvaraisia liikkeitä, joita hermosto tekee automaattisesti. Avoimen ketjun liikkeet ovat kääntäen verrannollisia niiden nopeuteen. Eli mitä suurempi korjaava liike on, sitä hitaammalla vauhdilla se toteutetaan, kun taas pienet korjaukset tapahtuvat nopeammalla vauhdilla. Hermosto käyttää kepin tasapainotteluun tätä omaa ”kohinaa” (*noise*), jonka avulla pyritään pitämään keppi pystyasennossa. (Cipra 2004.)

Tasapainottelutaitojen kehittyessä suljetun ketjun eli tiedostettujen liikkeiden merkitys vähenee. Tiedostetut kepin tasapainotteluliikkeet muuttuvat harjoittelun myötä, kun reagointiviive kasvaa opittujen liikemallien ansiosta, jolloin keppiin ei tarvitse kiinnittää niin paljon huomiota. Tämä on aivojen keino vapauttaa tilaa työmuistista mahdollisimman nopeasti tasapainottelutehtävän sisäistämisen jälkeen. (Cipra 2004.) Avoimen ketjun liikkeet sen sijaan ovat alusta alkaen käytettävissä, eivätkä juurikaan muutu harjoittelun myötä, mutta ottavat vain isompaa roolia tasapainottelussa, kun suljetun ketjun liikkeet vähenevät. Tiedostamatta tapahtuvat liikkeet ovatkin onnistuneessa kepin tasapainottelusuorituksessa tärkeämmässä roolissa kuin tiedostetusti suoritettavat tasapainotusliikkeet. Kepin tasapainottelusta suurin osa tapahtuukin tiedostamatta. Lisäksi suljetun ketjun liikkeet ovat monesti epätarkoituksenmukaisia ja johtavat kepin kaatumiseen. Niinpä tiedostettuja liikkeitä minimoimalla, esimerkiksi lisäämällä tasapainotteluun jokin muu tiedostettu liike, voidaan jo harjoittelun alussa saada parempia tuloksia. (Cabrera ym. 2006.)

3.5 Testin oppiminen

Testin opettelua testitilanteessa helpotetaan ottamalla huomioon testattavien erilaiset oppimiskanavat. Testin kulun sanallinen selittäminen auttaa audiitiivista oppijaa, joka oppii pääasiassa kuuntelemalla, kun taas testisuorituksen näyttäminen tukee visuaalisen oppijan oppimista. Testin kokeileminen auttaa kinesteettistä oppijaa, jolla tuntoaisti on tärkeä väline oppimisessa. Jokainen ihminen käyttää jossakin määrin näitä kaikkia oppimiskanavia, mutta usein jokin niistä on korostunut. (Autio - Kaski 2005: 58–59.)

Testin sisäistäminen tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä, kognitiivisessa vaiheessa muodostetaan suurpiirteinen kuva testistä testaajan näyttämän esimerkin ja

sanallisen selityksen perusteella. Toisessa eli niin kutsutussa assosiatiivisessa vaiheessa testiä harjoitellaan testaajan antamista ohjeista syntyneen mielikuvan perusteella. Tässä vaiheessa testaajan antama palaute ja ohjeistus auttavat korjaamaan suoritusta. (Hakkarainen ym. 2009: 251.) Silloin tapahtuu tietoista oppimista ja testattava pystyy ulkoisen palautteen perusteella muuttamaan tietoisesti suoritustaan. Suorituksen parantuessa oppimista tapahtuu myös tiedostamattomalla tasolla, kun liikemalleja hiotaan kehosta tulevan aistipalautteen perusteella. (Sandström - Ahonen 2011: 67.) Kolmanteen vaiheeseen, jossa liikesuoritus automatisoituu, ei ehdi lyhyen testikerän aikana päästä, sillä suorituksen automatisoituminen vaatii pitkäaikaista ja toistuvaa harjoittelua (Hakkarainen ym. 2009: 251). Testisuorituksen jälkeen oppimista tapahtuu vielä niin kutsutussa muistijälkien vakiintumisvaiheessa, jossa taito lisääntyy, vaikka suoritusta ei harjoitella (Sandström - Ahonen 2011: 68).

Taitoa pitää keppi mahdollisimman pitkään pystyssä pystytään selkeästi parantamaan vain muutaman päivän intensiivisellä harjoittelulla (Cabrera - Milton 2004b: 305). Kun suljetun ketjun liikkeet oppimisen myötä automatisoituvat ja vähenevät, tiedostamattomat liikkeet pitävät keppiä tehokkaasti tasapainossa. Silloin kepin näkyvät liikkeet muuttuvat laajemmiksi ja hitaammiksi, ja kepin kaatumiseen on enemmän aikaa reagoida. Harjoittelun vaikutuksesta myös reaktionopeus kasvaa ja kepin voidaan antaa kaatua pidempään, koska kaatumiseen voidaan reagoida nopeammin. (Cipra 2004.) Opittaessa uusia taitoja, liikemallit siirtyvät pikkuhiljaa työmuistista pitkäkestoiseen muistiin, jolloin hermosolujen välisiin synapseihin syntyy toiminnallisia muutoksia. Nämä muutokset voivat pitkäaikaisen harjoittelun myötä muuttua pysyviksi. (Shumway-Cook - Woollacott 2010: 84.) Taidon harjaantuessa keppiä voidaan siis tasapainotella pidempiä aikoja, koska tasapainottelutehtävä ei vaadi enää niin paljon huomiota työmuistilta, vaan tasapainottelutaidot ovat siirtyneet pitkäkestoiseen muistiin.

Oppiminen vaatii huomion kiinnittämistä opeteltavaan tehtävään. Kun motorinen tehtävä on uusi, sen opetteleminen vie kaiken käytettävissä olevan huomiokyvyn. (Schmidt - Lee 1999: 63.) Muun muassa tästä syystä kepin tasapainottelutestiin osallistuvalla tulisi olla jo valmiiksi niin hyvä yhden jalan tasapaino, että keskittyminen voidaan varsinkin testiä opeteltaessa kohdentaa kepin tasapainottamiseen. Heikko yhden jalan tasapaino voi tehdä kepin tasapainottelusta mahdotonta. Ulkoiset tekijät vaikuttavat huomion suuntaamiseen niin, että esimerkiksi yllättävä ääni testin aikana voi herpaannuttaa testattavan keskittymisen ja aiheuttaa kepin kaatumisen tai yhden jalan tasapainon menettämisen (Schmidt - Lee 1999: 63–64). Jotta kaikki käytettävissä olevat resurssit voi-

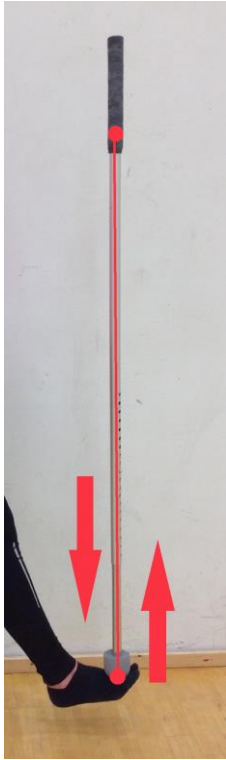
daan käyttää testin oppimiseen, on testitilanteesta tehtävä mahdollisimman virikkeetön ja rauhallinen. Myös yhden jalan tasapainon kohtalaisen hyvä hallinta pitäisi varmistaa testattavilta ennen testiä.

4 Tulokset

Kepin tasapainottelutestin kehittämisen idea lähti keväällä 2014 artikkelista *Spine stability. Lessons from balancing a stick*, jossa Reeves, Narendra ja Cholewicki (2010) tarkastelevat selkärangan stabiliteettia käyttäen havainnollistamiskeinona kepin tasapainottelua käden päällä. Artikkelin pohjalta heräsi ajatus voisiko ideaa kepin tasapainottelusta käden päällä soveltaa jonkinlaiseksi testiksi eri taitolajeille siirtämällä tasapainoteltava keppi jalan päälle.

4.1 Testissä käytettävä keppi

Kepin ominaisuudet. Testissä käytettävä tasapainoteltava keppi on testin aikana luonteeltaan käänteinen heiluri. Käänteisen heilurin massakeskipiste eli painopiste on kappaleen siinä kohdassa, josta se on tasapainoteltavissa kaikissa asennoissa. Painopisteen kautta kulkee painovoimalinja aina suoraan alaspäin kappaleen tukipisteeseen. Samansuuruisen vastavoiman aiheuttaa alusta, jonka päällä kappale on. (Hatakka - Saari - Sirviö - Viiri - Yrjänäinen 2010.) Testikepin painopiste sijaitsee kepin yläpäässä olevan painon alaosan sisällä. Silloin, kun keppi on tasapainossa, painovoimalinja kulkee kepin sisällä painopisteestä kannassa sijaitsevaan tukipisteeseen. Vastavoiman testiasennossa aiheuttaa jalka, jonka päällä keppi on (ks. kuvio 1).



Kuvio 1. Kepin massakeskipisteestä tukipisteeseen kulkeva painovoimalinja ja voimavektorit.

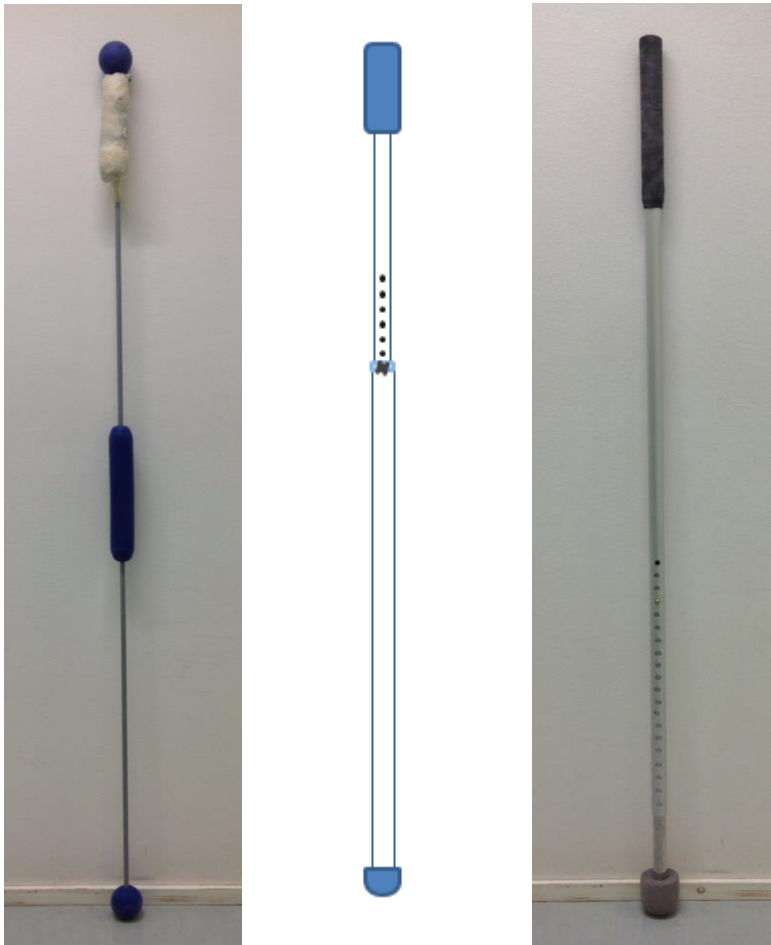
Jotta keppiä voidaan tasapainotella jalkapöydän päällä, täytyy jalkaa liikuttaa niin, että kepin tukipiste pysyy suoraan sen painopisteen alla (Reeves ym. 2010). Kappaleen lähtiessä kaatumaan sen painovoimalinja siirtyy tukipisteen ulkopuolelle. Jos tukipistettä ei liikuteta tarpeeksi nopeasti kappaleen kaatumissuuntaan, kappale kaatuu. Kaatumisnopeus eli kulmakiihtyvyys on kääntäen verrannollinen kappaleen massa. (Hatakka ym. 2010.) Tämä tarkoittaa sitä, että testikepin kaatumisnopeus on sitä pienempi, mitä suurempi kepin massa on. Lisäksi kappaleen kaatumisnopeuteen vaikuttaa sen massakeskipisteen sijainti pyörimisakselista. Tämä niin kutsuttu hitausmomentti on sitä suurempi, mitä kauempana pyörimisakselista kappaleen massa on. (Kauranen - Nurkka 2010: 198.) Myös kepin pituus vaikuttaa hidastavasti sen kaatumiseen (Cabrera - Milton 2004b: 306). Yläpäästään painotetun ja pitkän kepin kaatumiseen tarvitaan siis suurempi voima kuin tasaisesti painotetun ja lyhyen. Paino nimenomaan kepin yläpäässä pienentää myös sen kulmakiihtyvyyttä. Hitaammin liikkuva keppi helpottaa paitsi sen kaatumisen havainnointia, myös testin tekemistä, koska testattavalla on enemmän aikaa reagoida kepin liikkeisiin.

Kepin toteutus. Testissä käytettävä keppi on suunniteltu juuri tässä opinnäytetyössä esiteltyä kepin tasapainottelutestiä varten. Testikepin suunnittelu aloitettiin keväällä

2014 jo ennen varsinaisen testin kehittelyä. Taitolajeja ajatellen keppiä lähdettiin kehittämään niin, että sillä voisi testata mahdollisesti silmä-jalka-koordinaatiota, joka on erityisen tärkeä monessa taitourheilulajissa. Kokeilemalla alettiin selvittää, minkälainen keppi sopisi parhaiten testin tarkoitukseen. Tasapainottelua kokeiltiin muun muassa kuntoilukepillä, puukepillä ja muovisella jumppakepillä. Lopulta eripituisten ja painoisten keppien kokeilun jälkeen tultiin siihen tulokseen, että jalkapöydän päällä ollessaan silmien korkeudelle ylettyvä, yläpäästään painotettu keppi oli helpoin tasapainotella. Päästä tukivat myös fysiikan lait ja lähteet, joiden mukaan lyhyttä ja kevyttä keppiä on vaikeampi tasapainotella kuin pidempää ja painavampaa keppiä (Atay 1999; Cabrera - Milton 2004b: 306; Kauranen - Nurkka 2010: 198; Richardson - Riley - Shockley 2012: 152). Kepin viralliseksi prototyyppiksi muodostuikin noin 800 grammaa painava ja 150 cm pitkä Staby-kuntoilukeppi, johon oli kiinnitetty maalarinteipillä kilon painoinen hiekkapussi toiseen päähän (ks. kuvio 2).

Prototyypin perusteella testiä varten päädyttiin valmistamaan kohtuullisen painava ja pitkä keppi, jonka yläpäässä on paino, koska tällaista keppiä on helpoin tasapainotella jalkapöydän päällä. Alustavissa testeissä tehdyissä havainnoissa todettiin myös, että Stabyn päissä olevat kumipallot sopivat hyvin asetettaviksi jalkapöydän päälle, joten valmiiseen testikeppiin suunniteltiin samankaltainen alaosa. Kuntoilukepin varsi oli kuitenkin niin joustava, että se vaikeutti testin suorittamista, jonka vuoksi varsinaiseen testikeppiin tehtiin kiinteä varsi.

Metropolian apuvälinetekniikan opiskelijat valmistivat lopullisen, mittatilaustyönä tehdyn testikepin (ks. kuvio 2) tammikuussa 2015. Kepin tarkkojen ulkonäkö-, mitta- ja paino-ohjeiden perusteella valittiin sopivimmat materiaalit kepin valmistukseen. Virallinen testikeppi valmistui tammikuun 27. päivä 2015.



Kuvio 2. Testikepin prototyyppi, tilauspiirros ja valmis testikeppi.

Kepin kaksiosainen teräs-alumiinirunko painaa noin kilon ja sen yläpäässä on kapea, keppiä myötäilevä yhden kilon titaani-lyijypaino. Painon päällä on Extrafoam Aqua-pehmike, jotta keppi ei kaatuessaan vahingoita pintoja. Toisessa päässä on etyylivinyyliasetaatista (EVA) valmistettu puoliympyrän muotoinen kanta, jonka voi ergonomisesti asettaa jalkapöydän päälle. Kannan materiaali on vain hiukan joustavaa, mikä lisää lähinnä käyttömukavuutta, mutta ei vaikuta kepin tasapainotteluun merkittävästi. Kepin varsi muodostuu kahdesta sisäkkäisestä alumiiniputkesta. Varressa on kahden senttimetrin välein reikiä yhteensä 20 kappaletta, joten kepin pituutta voidaan säädellä sisemmässä putkessa olevalla jousinupilla 130 senttimetristä jopa 170 senttimetriin. Sitten kepin avulla voidaan testata noin 150-190cm pituisia henkilöitä. Myöhemmin keppiin voidaan tarvittaessa tehdä lisää reikiä, mutta opinnäytetyöhön liittyviin testeihin suurempaa säätövaraa ei tarvittu.

4.2 Testin kehittäminen

Testin kehittäminen aloitettiin keväällä 2014 kokeilemalla erilaisten keppien tasapainottelua. Testiasentoa ryhdyttiin kehittämään kesällä 2014, kun eräs muodostelmaluistelujoukkue oli testattavana Metropolia Ammattikorkeakoululla. Tällöin mietittiin erityisesti yläraajojen asentoa testin aikana. Aluksi kädet olivat edessä, sormenpäät yhdessä, keppi yläraajojen muodostaman kehän sisällä (ks. kuvio 3). Rajattu käsien asento vaikeutti kuitenkin kepin tasapainottelustrategioita, sillä tasapainon ylläpitäminen oli haastavampaa ja keppi osui heti yläraajoihin laajempia kepin korjausliikkeitä tehtäessä. Niinpä lopullisessa testiasennossa (ks. kuvio 3) käsien asento päädyttiin pitämään vapaana. Tällöin yhden jalan tasapainon ylläpidossa voidaan käyttää hyödyksi myös käsi-strategiaa ja keppi on helpompi ottaa kiinni.

Ilmassa olevan alaraajan asento muodostui testin aikana luonnostaan, sillä koukistukses-saan polvi osui jalkapöydän päällä olevaan keppiin. Näin ollen ilmassa oleva jalka päätettiin pitää suorana testisuorituksen aikana. Tukijalan polven liikkeitä ei rajoitettu kaikkien alaraajojen tasapainostrategioiden mahdollistamiseksi. Taitolajien vaatimusten mukaisesti tukijalka ei saa tasapainoissa siirtyä alustalla, koska silloin tasapaino menetetään. Niinpä myös kepin tasapainottelutestissä suoritus päättyy, jos tukijalka siirtyy alustalla. Nilkan tasapainostrategioita (inversio, eversio, dorsifleksio ja plantaarifleksio) voi kuitenkin käyttää normaalisti.

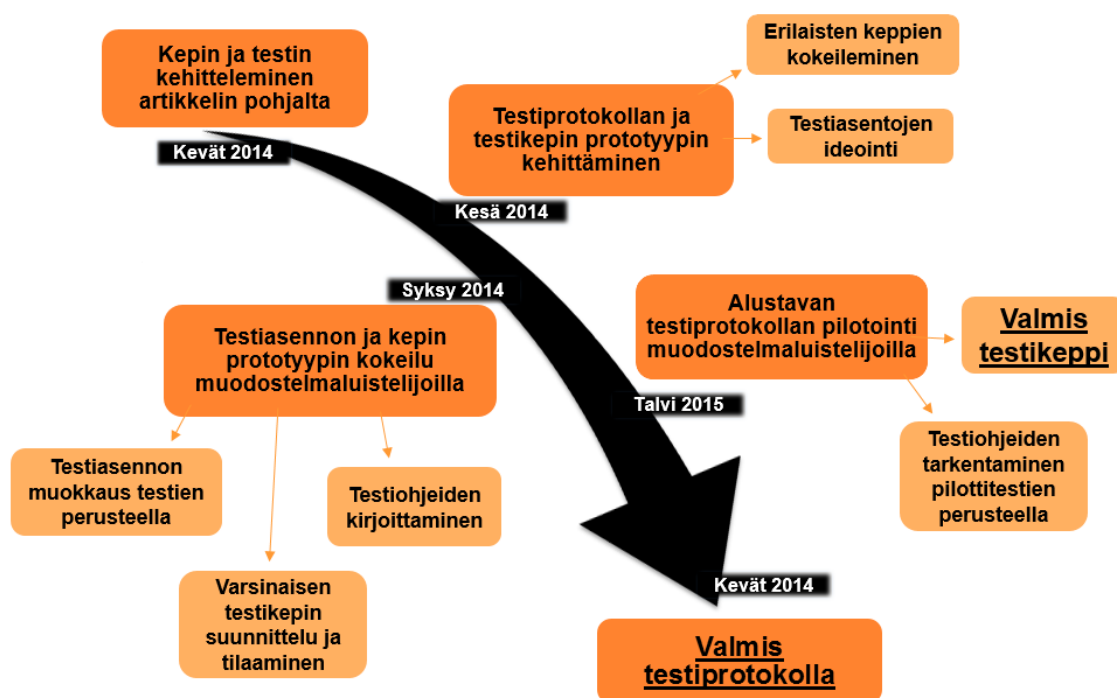
Syksyllä 2014 testiprotokollaa alettiin kehittää alustavissa testeissä tehtyjen havaintojen perusteella mahdollisimman ymmärrettäväksi ja kuvaavaksi. Testin eteneminen kuvattiin vaihe vaiheelta ja testaajalle tehtiin ohjeet testattavan ohjeistusta varten. Testiympäristö ja tarvittavat välineet otettiin myös ohjeissa huomioon. Protokolla hyväksyttiin työn tilaajalla ennen tarkempia tutkimuksia.



Kuvio 3. Testiasento kesällä 2014 ja keväällä 2015.

Testiprotokollaa pilotoitiin maaliskuussa 2015 ensin viidellä satunnaisesti valikoidulla Metropolia Ammattikorkeakoulun opiskelijalla ja myöhemmin kahdella Helsingin luistelijoiden muodostelmaluistelijajoukkueella (yhteensä 35 luistelijaa). Testeihin osallistuneet luistelijat olivat keskimäärin 16-vuotiaita, vähintään vuoden muodostelmaluistelua harrastaneita tyttöjä. Pilottitestit toteutettiin jokaiselle testattavalle kahtena eri kertana niin, että ensimmäisellä testikerralla selitettiin koko testiprotokolla ja toisella kerralla kerrattiin vain testin avainkohdat (katse kepin päässä, ilmassa oleva jalka suorana ja viisi suoritusta molemmilla jaloilla). Testattavien ensimmäisellä testauskerralla tarkasteltiin testiprotokollan selkeyttä ja sujuvuutta sekä testattavien kognitiivista oppimista. Samalla tarkasteltiin erilaisia kepin tasapainottelu- ja kiinniottostrategioita. Jälkimmäisen testin tarkoituksena oli tarkastella testin oppimista ensimmäisestä testikerrasta toiseen, eli oliko kepin tasapainottelustrategioissa tapahtunut muutosta ensimmäiseen testikertaan verrattuna.

Pilottitesteissä tehtyjen havaintojen avulla testiprotokollaa muokattiin vielä sellaiseksi, että testaaja pystyisi ohjeiden perusteella kertomaan testattavalle kaiken tarvittavan. Pieniä muutoksia tehtiin esimerkiksi ohjeiden järjestykseen ja ytimekkyyteen, sekä testiasennon pieniin yksityiskohtiin, joista heräsi kysymyksiä pilottitestien aikana. Viimeisten testauksien jälkeen protokolla hiottiin siihen muotoon, jossa se tässä opinnäytetyössä esitetään. Testiprotokollan ja kepin kehitysprosessi on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Testiprotokollan ja kepin kehitys.

4.3 Testitilanne ja testiin valmistautuminen

Testi suoritetaan tasaisella, kovalla alustalla, jonka ympärillä on tarpeeksi tilaa (vähintään yksi metri joka suuntaan) laajempiakin tasapainonhakuliikkeitä varten. Tilaa tarvitaan myös mahdolliseen kepin kaatumiseen. Testauspaikan on hyvä olla mahdollisimman rauhallinen, jotta ympäristön häiriötekijät, kuten liikkuvat ihmiset tai yllättävät äänet, eivät vaikuta suoritukseen. Testi tehdään kasvot kohti tasaista seinää tai ovea, josta ei kuljeta suorituksen aikana.

Testiä varten tarvitaan testikeppi, sekuntikello ja muistiinpanovälineet tulosten merkitsemistä varten. Tilanteessa paikalla on yksi testattava ja testaja. Jos testattavia on useampi, he eivät siis näe toistensa suorituksia. Testaja valvoo käsien irrotusta ja kepin kiinniottoa, sekä testattavan katseen pitämistä kepin päässä, ottaa aikaa ja merkitsee tulokset ylös jokaisen suorituksen jälkeen. Koko testitilanne kestää yhteensä noin 10 minuuttia. Testitilannetta voi nopeuttaa jakamalla tehtävät kahdelle testaajalle, jolloin toinen voi tarkkailla testattavan katsetta ja merkitä tuloksia ylös, ja toinen voi keskittyä ajanottoon.

Testitilanteeseen on hyvä tulla levänneenä, tai ei ainakaan heti raskaan kognitiivisen tai urheilusuorituksen jälkeen, sillä testin tekeminen vaatii tarkkaa keskittymistä ja jonkin verran myös lihasvoimaa tasapainon ylläpitoon. Vaatetuksen kannattaa olla vartalonmyötäinen, jotta keppi ei osu tasapainottelun aikana väliin vaatteisiin. Testiin voivat osallistua kepin säätöjen puitteissa noin 150–190 cm pitkät henkilöt. Kepin pituus säädetään testitilanteessa testattavan pituuden mukaan. Testiin ei voi testattavan turvallisuuden vuoksi osallistua päihteiden vaikutuksen alaisena eikä vammautuneena. Testattavilla ei voi myöskään olla mitään mahdollisesti tasapainoon vaikuttavaa sairautta (silmä-, korva- tai aivoperäinen). Kriteereillä pyritään sulkemaan testistä pois ne osallistujat, joiden testitulokseen kyseiset seikat saattaisivat vaikuttaa huomattavan heikentävästi.

4.4 Testin suoritus

Kun testiympäristö ja testiä varten tarvittavat välineet ovat kunnossa, testi voidaan aloittaa. Testi suoritetaan ilman jalkineita, mutta ohuet sukat voivat olla jalassa. Ennen testin suorittamista mitataan kepin pituus niin, että kepin yläpää on testattavan leuan korkeudella. Jos keppi ei ylety tasan leukaan asti, säädetään se hiukan leuan alapuolelle. Aluksi oikeaa jalkaa viedään hiukan eteenpäin ja keppi laitetaan etummaisena jalan jalkapöydän päälle. Keppi asetetaan jalkapöydälle itselle sopivimpaan paikkaan niin, että paino on kepin yläpäässä. Varpaita saa käyttää tukena kepille. Keppiä tasapainotteleva jalka nostetaan irti lattiasta ja katse siirretään kepin yläpäähän, jossa se pidetään koko testisuorituksen ajan. Tässä vaiheessa kepiä saa vielä pitää käsillä kiinni. Testi alkaa siitä, kun molemmat kädet päästetään selkeästi irti kepiä. Testi päättyy, kun keppi koskettaa vartaloa, kun kepiä otetaan kädellä kiinni tai jos tukijalka siirtyy alustalla (ks. kuvio 5). Testisuoritus hylätään, jos keppi osuu maahan tai jos ilmassa olevan alaraajan polvi koukistuu. Kaatuessaan keppi on siis otettava kiinni käteen tai vartaloa vasten. Hylätyt suoritukset tehdään uudelleen, mutta useammat testikerrat väsyttävät testattavaa sekä fyysisesti että kognitiivisesti, jolloin yrityksistä huolimatta tulokset voivat huonontua.



Kuvio 5. Testi alkaa, kun kädet irrotetaan selkeästi kepestä ja päättyy, kun kepestä otetaan kiinni.

Keppiä tasapainottelevan alaraajan polven tulee olla suorana koko testisuorituksen ajan. Näin keppiä tasapainottelevat liikkeet tulevat pääosin koko alaraajasta, eikä keppi osu polveen. Katse pidetään kepin yläpäässä, joka on testiasennossa noin silmien korkeudella. Tarkoitus on kepin yläosan liikkeistä saadun visuaalisen palautteen perusteella liikuttaa ilmassa olevaa jalkaa niin, että keppi pysyy pystyssä mahdollisimman kauan. Ilmassa olevan jalan liikkeelle ei ole muita rajoituksia kuin polven suorana pitäminen. Tukijalka, vartalo ja kädet saavat hakea tasapainoa vapaasti.

Testitilanteen alussa kerrotaan testattavalle testin tarkoitus. Sitten selitetään sanallisesti testisuorituksen kulku ja oikea suoritustapa, jonka jälkeen näytetään vielä eriteltyinä testin kaikki kohdat testaajan ohjeiden mukaisesti testattavalle. Tämän jälkeen testattava saa kokeilla testiä omassa tahdissaan kaksi kertaa molemmilla jaloilla. Kokeilujen aikana testattavalle voi antaa palautetta suorituksesta ja korjata suoritustekniikkaa.

Testi suoritetaan molemmilla jaloilla viisi (5) kertaa. Suoritukset tehdään niin, että ensin tehdään kaikki viisi suoritusta oikealla jalalla (keppi oikean jalan jalkapöydän päällä), ja sen jälkeen viisi suoritusta vasemmalla. Testattavalle kerrotaan ennen jokaista suoritusta, kuinka mones kerta on menossa. Varsinaisen testin aikana suorituksista anne-

taan palautetta ainoastaan, jos testattava tekee ohjeiden vastaisesti. Näin testattava voi rauhassa keskittyä suoritukseen.

5 Pohdinta

5.1 Testivälineen onnistuminen ja kehitysideoita

Lopullisen testikepin tasapainottelua kokeili noin 40 eri henkilöä. Kokeilujen perusteella mitään merkittävää puutosta ei kepissä havaittu. Painavampaa keppiä saattaisi olla vaikeampi tasapainotella, sillä ilmassa olevan alaraajan ja saman puolen lantion alueen lihakset saattavat väsyä, mikä vaikeuttaa testisuoritusta. Keveys taas lisää kepin kääntymisnopeutta ja siten vaikeuttaa testin suoritusta, joten painoa ei voi merkittävästi vähentää ainakaan kepin yläpäässä olevasta lisäpainosta. Täydellisen kepin painon arvioiminen on vaikeaa, koska testattavien välillä on eroja lihasvoimassa ja kehonhallinnassa. Kepin tasapainottelu ei saisi häiritsevästi väsyttää lihaksia, mutta painoa tarvitaan myös proprioseptisen palautteen vuoksi. Liian kevyen kepin tasapainottelua on vaikea suorittaa ja havainnoida, koska keppi kaatuu niin nopeasti.

Testikepin pituussäätö oli hyvä ja toimiva. Tarvittaessa keppiä voidaan pidentää lisäämällä reikiä, koska nykyisten säätöjen puitteissa testiin voivat osallistua enintään noin 190 cm pitkät testattavat. Lyhyemmäksi keppiä ei enää saa, joten esimerkiksi lapsia varten pitäisi tehdä uusi keppi, jota pystyttäisiin säätämään myös alle 150 cm pitkiä testattavia varten. Jousinuppi oli alussa suhteellisen jäykkä, mutta käytön myötä se toimi sujuvammin. Reikien viereen mietittiin aluksi numerointia, jotta uudelleen tehtävissä testeissä kepin pituus olisi varmasti sama kuin edellisissä testeissä. Numerointia ei kuitenkaan tehty kepin valmistusvaiheessa, joten sitä ei pilottitesteissä ollut käytettävissä. Kepin pituus mitattiin molemmilla testikerroilla kaikille testattaville yksilöllisesti, joten todennäköisesti suuria heittoja kepin pituudessa ei tullut eri testikertojen välillä. Voisi kuitenkin olla mahdollista, että pienet erot kepin pituudessa eri testikerroilla voisivat vaikuttaa jotenkin testituloksiin.

Yksi kehityksen kohde kepissä ilmeni pilottitestien aikana. Selkeä merkki, esimerkiksi värillinen teippi tai maalattu viiva kepin yläpäässä, selkeyttäisi katseen kohdennusta oikeaan paikkaan. Silloin testiohjeeseen voisi lisätä kohdan, jossa kehoitetaan testattavaa katsomaan värillistä teippiä koko testisuorituksen ajan. Tämä helpottaisi sekä tes-

taajan ohjeidenantoa ja suoritusten tarkkailua, että testattavan katseen pitämistä oikeassa paikassa suorituksen aikana.

5.2 Testiprotokollan onnistuminen ja kehitysideoita

Pilottitestaukset olivat välttämättömiä testiprotokollan kehittämisen kannalta, koska testin ohjeistusta pystyttiin tarkentamaan testien aikana heränneiden kysymysten ja havaintojen perusteella. Testin ohjeistus pyrittiin näiden kommenttien perusteella tekemään niin, että ulkopuolinen testaaja pystyy selkeästi ja johdonmukaisesti selittämään testisuorituksen testattavalle, eikä kummallekaan osapuolelle jää suorituksen yksityiskohtia epäselväksi. Kahden ensimmäisen testikerran jälkeen testin ohjeistus oli niin selkeä, että se pystyttiin toteuttamaan samalla tavalla molempien testin kehittäjien toimesta. Testiä pitäisikin seuraavaksi teettää muilla kuin testin kehittäjissä mukana olleilla henkilöillä. Sen avulla voitaisiin vielä tarkemmin selvittää onko testiprotokolla todella mahdollista toteuttaa niin, että testisuoritus on aina samanlainen riippumatta testaajasta. Näin mahdollisia epäselvyyksiä ohjeistuksessa voidaan korjata ennen muita testiin liittyviä mittauksia. Testaajien välistä toistettavuutta tutkitaan toistomittausten tulosten yhtäpitävyyden perusteella, ja tarkoitus on varmistaa, ettei mitattava ilmiö ole muuttunut mittausten välillä (Anttila - Paltamaa - Valkeinen 2014: 16).

Pilottitesteihin osallistujista lähes kaikki olivat muodostelmaluistelijoita, joille yhden jalan tasapainon ylläpito kuuluu päivittäiseen lajiharjoitteluun ja on siksi ainakin jokseenkin tuttu toiminto. Tasapainoa harjoitellaan paljon myös muissa taitolajeissa. Jos testit olisi tehty muilla kuin taitolajien harrastajilla, olisi testien aikana saattanut herätä enemmän tai erilaisia kysymyksiä testiasennosta ja testin etenemisestä, koska suoritus on taitolajia harrastamattomalle todennäköisesti vieraampi ja huomio kiinnittyy silloin myös epäolennaisempiin asioihin. Näin testin ohjeistusta voisi jatkossa tarkentaa vielä edelleen, jos siihen on tarvetta. Testin sujuvuutta pitäisi testata isommalla ja monipuolisemmalla otannalla, koska eri taitolajeissa painottuvat eri vahvuudet, mikä saattaa vaikuttaa testin tuloksiin.

Testiolosuhteet, kuten ympäristössä oleva melu, liike tai lämpötila, saattavat vaikuttaa testitilanteeseen ja suoritukseen. Testattavan sisäisiin olosuhteisiin voidaan vaikuttaa vain poissulkukriteereillä, mutta testiympäristö voidaan vakioda helpommin testiohjeiden mukaiseksi. Ulkopuolisten testaajien määrittelemiin testiolosuhteisiin on kuitenkin

mahdoton vaikuttaa ohjeistuksessa, joten on mahdollista, että lievästi erilaisissa paikoissa tehtyjen testien tulokset saattavat jonkin verran poiketa toisistaan. Tärkeää on kuitenkin pitää testipaikan olosuhteet samalle testattavalle vakiona. Jatkossa sekä testattavan että testipaikan olosuhteiden vaikutusta testituloksiin voitaisiinkin tarkastella tarkemmin.

Testisuorituksen havainnollistamisessa pitää painottaa erityisesti suorituksen näyttämistä oikein. Suorituksen ydinkohtien lisäksi selityksessä pitäisi painottaa enemmän ilmassa olevan alaraajan liikuttamista kepin tasapainon ylläpitämiseksi. Testiohjeissa on selkeästi kerrottu, että kepin tasapainoa pidetään yllä nimenomaan ilmassa olevaa jalkaa liikuttamalla, mutta pilottitesteissä suurin osa testattavista ei liikuttanut ilmassa olevaa jalkaa ollenkaan. Tämä saattaa johtua joko siitä, että testattavat eivät ohjeistuksesta huolimatta ymmärtäneet suoritusta, he eivät osanneet liikuttaa alaraajaa tarkoituksenmukaisesti, tai he eivät vielä pystyneet keskittymään kepin tasapainotteluun yhden jalan tasapainon ylläpitämisen lisäksi.

Suoritusten toistomäärille ei ohjeistuksessa ole tieteellisiä perusteluja. Toistomäärät on valittu niin, että viidestä suorituksesta voidaan poistaa paras ja heikoin aika, jolloin jäljelle jää vielä 3 tulosta, joita voidaan jatkossa vertailla keskenään ja muiden testattavien tuloksiin. Pilottitestien perusteella voidaan todeta, että parhaan ja heikoimman suorituksen pois jättäminen on järkevää, koska useimmilla testattavilla tuli heidän muista testisuorituksistaan selkeästi poikkeava tulos parempaan ja/tai huonompaan suuntaan. Jäljelle jäävää kolmea tulosta voidaan vielä vertailla keskenään ja niistä voidaan laskea keskiarvo. Jos suorituksia olisi enemmän, saattaisi testin aikana tapahtua enemmän väsymystä, joka vaikuttaisi osaltaan testisuorituksiin. Testaaja laskee toistojen sanomalla aina kuinka monennen suorituksen testattava voi tehdä seuraavaksi, mikä auttaa testattavaa keskittymään suoritukseen. Toisaalta laskeminen saattaa joillakin testattavilla aiheuttaa paineita, tai vaikeuttaa keskittymistä, kun testaajan ääni keskeyttää hiljaisuuden. Seuraavaan suoritukseen luvan antaminen on kuitenkin välttämätöntä, jotta testattava ei aloita suoritusta ennen kuin testaaja on merkinnyt tuloksen.

Testin hylkäämisen seurauksia ei selitetä nykyisessä ohjeistuksessa, mikä saattaa aiheuttaa joillekin testattaville hämmennystä siitä, mitä tapahtuu suorituksen hylkäämisen jälkeen. Ohjeistuksessa ei ole painotettu sitä, että suorituksen saa tehdä uudelleen hylkäämisen jälkeen, koska jotkut testattavat saattavat lopettaa huonosti menneen suorituksen tahallaan kepin kaatumiseen. Suoritus hylätään kepin kaatumisen lisäksi il-

massa olevan alaraajan polven koukistuttua siksi, että testaajan on mahdoton valvoa milloin polven koukistuminen ylittäisi jonkin tietyn nivelkulman ja sekuntikello pitäisi pysäyttää. Toisaalta pilottitesteissä osa testattavista otti kepin kiinni liian aikaisin, mikä heikensi testituloksia. Seurausten selittämättä jättäminen saattaa siis vaikuttaa tuloksiin, koska suorituksen hylkäämisen pelko voi saada testattavan reagoimaan kepin kaatumiseen aikaisemmin, kuin on tarpeellista. Haasteena onkin tehdä testin ohjeistuksesta ja hylkäämisen seurausten selittämisestä niin yksiselkoiset, että kaikki ymmärtävät ne varmasti, eikä testaajalle tai testattavalle jää tulkinnanvaraa. Jatkossa voisikin miettiä onko suorituksen hylkäämiselle tarvetta, mitkä ovat hylkäämisen perusteet ja saako hylätyn suorituksen tehdä uudelleen.

Testikertojen välissä pilottitesteihin osallistuneet eivät saaneet harjoitella testiä fyysisesti tai mielikuvana. He eivät myöskään nähneet muiden testattavien testisuorituksia, vaan pystyivät vertaamaan omaa suoritustaan ainoastaan testaajan näyttämään esimerkkisuoritukseen. Tällä tavoin haluttiin tarkastella testin oppimista erityisesti ensimmäisen testikerran perusteella. Oppimista tapahtuu kuitenkin myös tiedostamatta ja harjoittelematta testin jälkeen, mikä saattoi osalla testattavista vaikuttaa toisen testikerran tuloksiin parantavasti. Testiä ei ole tarkoitus harjoitella testauksen ulkopuolella, jotta testillä voidaan mahdollisimman todenmukaisesti osoittaa testissä ilmenneiden puutosten perusteella valittujen harjoitteiden aikaansaama kehitys. Testattavien harjoittelua vapaa-ajalla on kuitenkin mahdotonta valvoa ja oletettavasti osa testattavista harjoittelee testiä joko tiedostaen tai huomaamattaan. Ylimääräisen harjoittelun vaikutuksia testitulosten paranemiseen pitäisikin vertailla harjoitusohjelman aikaansaamaan testitulosten paranemiseen.

Testi on suunniteltu erityisesti taitolajien harrastajille, mutta sitä voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin, koska vielä ei ole varmistettu mitä testi oikeastaan testaa. Pilottitestien ja testiä pohjaavan teorian perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että testi saattaisi testata juuri silmä-jalka-koordinaatiota, tai dynaamista yhden jalan tasapainoa, kun tasapainosuoritukseen yhdistyy jokin koordinaatiota vaativa toiminto (tässä testissä kepin tasapainottelu). Sekä alaraajan koordinoinnista näköaistin avulla, että yhden jalan tasapainon ylläpidosta tehtiin pilottitesteissä mielenkiintoisia havaintoja testattavien välillä. Molempien ominaisuuksien hyvä hallinta on olennaista taitolajeissa, joten testistä on onnistuttu tekemään ainakin taitolajeihin sopiva.

5.3 Testin jatkotutkimukset ja hyödyt

Jatkossa kepin tasapainottelutestin tuloksia pitää vertailla muiden, jo standardoitujen testien tuloksiin, jotta voidaan luoda viitearvot testituloksille. Testit jotka mittaavat silmä-jalka-koordinaatiota, esimerkiksi tikapuu-nopeustestit ja standardoidut tasapainotestit voisivat olla hyviä vertailukohteita kepin tasapainottelutestille. Tarkastelussa olisivat yhteydet hyvien tai huonojen kepin tasapainottelutulosten ja jo vakiintuneen aseman löytäneiden testien tulosten välillä.

Myös testattavan taustan ja mahdollisten muiden liikuntaharrastusten vaikutusta suorituksen oppimiseen kannattaisi tarkastella. Esimerkiksi urheilijat niissä lajeissa, joissa on totuttu välineen käsittelyyn tai tarkkaan tasapainon säätelyyn saattaisivat olla testituloksissa edellä niitä, jotka eivät ole tottuneet välineurheiluun tai eivät omaa vahvaa tasapainoa. Taitolajeissa nopea uusien koreografioiden ja liikesarjojen oppiminen on tärkeä kyky. Tämän takia laaja ja monipuolinen otanta eritasoisten urheilijoiden testi-protokollan suorittamisesta olisi jatkossa suositeltavaa, jotta testin oppimisen vaikutuksista tuloksiin saadaan mahdollisimman luotettavaa tietoa.

Mielenkiintoista olisi tarkastella myös kepin tasapainottelutestin ja tasapainon huojunnan välistä yhteyttä. Kahden tai yhden jalan tasapainon huojuntaa voitaisiin mitata tasapainolevyn avulla ja vertailla tuloksia kepin tasapainottelutuloksiin. Huojunnan ja testisuorituksen aikana voisi EMG-mittausten avulla mitata eri lihasten aktivaatitasoja ja niiden eroja testattavien välillä. Lihasten aktivoitumisjärjestys alaraajoissa, lantion alueella ja keskivartalossa pelkän kahden tai yhden jalan tasapainon aikana verrattuna kepin tasapainotteluun voisivat antaa lisätietoa siitä, minkälaisia tasapainottelustrategioita eri testattavat käyttävät.

Näköaistin osuus kepin tasapainottelussa on suuri ja sen takia sen vaikutusta kepin pystyssä pitämiseen kannattaisi jatkossa tutkia tarkemmin. Esimerkiksi syvyysnäön vaikutusta kepin liikkeiden havainnointiin voitaisiin yksinkertaisesti tarkastella peittämällä toinen silmä testisuorituksen aikana ja huomioida siitä mahdollisesti aiheutuvia muutoksia. Näöntarkkuuden vaikutusta kepin tasapainotteluun voisi arvioida testaamalla henkilöitä, joiden lähi-, tai kaukonäkö on selkeästi heikentynyt. Testit voisi tehdä näköä korjaavien silmälasien kanssa ja sen jälkeen ilman, jotta voitaisiin vertailla testituloksia keskenään.

Kepin tasapainotteluun vaikuttavista tekijöistä myös proprioseptisen palautteen vaikutusta voisi arvioida tarkemmin. Proprioseptistä palautetta voidaan voimistaa esimerkiksi kinesioiteipillä ilmassa olevassa alaraajassa, tukijalassa tai keskivartalon alueella. Saisiko jollakin teippauksella kepin tasapainottelu-aikoihin selkeää parannusta ja parantuisiko kepin tasapainottelu-aika esimerkiksi vahvistamalla ilmassa olevan jalan proprioseptiikkaa teippausten avulla? Proprioseptisen palautteen vaikutusten lisäksi testattavilta voisi tutkia esimerkiksi alaraajojen nivelten liikelaajuuksia, lihasten venyvyyksiä ja voimatasoja, ja havainnoida näiden yksilöllisten ominaisuuksien vaikutusta kepin tasapainotteluun.

Tarkoitus on hyödyntää testiä jatkossa erityisesti taitolajiuurheilijoiden testaamisessa. Kun tarvittavat tieteelliset tutkimukset ja standardoinnit on tehty, voidaan testin avulla toivottavasti havaita puutteita taitolajeissa vaadittavissa ominaisuuksissa. Puutteiden perusteella tehdään harjoitusohjelma, jonka tavoitteena on ennaltaehkäistä urheiluvammojen syntyä. Testistä voi siis tulla työkalu sekä rasitusvammojen että akuuttien vammojen ehkäisyssä, ja sitä voivat käyttää urheilijan fyysisen suorituskyvyn arvioinnissa apuna fysioterapeuttien lisäksi myös urheiluvalmentajat. Valmentajat saattavat kuitenkin tarvita harjoitteiden valitsemisessa ja ohjaamisessa fysioterapeutin apua. Testillä saattaa olla käyttötarkoituksia laajemminkin, kuin urheilun parissa. Tasapaino on tärkeässä roolissa testin suorituksessa ja niinpä testiä voitaisiinkin käyttää esimerkiksi eri syistä johtuvien tasapainonhallinnan ongelmien ennaltaehkäisyssä. Erityisesti testillä voitaisiin ennakoida tasapainonhallinnan ongelmia suoritettaessa jotakin toista toimintoa samanaikaisesti. Se, mitä testi todellisuudessa testaa ja mihin tarkoituksiin sitä käytetään, selviää vasta kun tarvittavat jatkotutkimukset on saatu tehtyä.

Lähteet

- Anttila, Heidi - Paltamaa, Jaana - Valkeinen, Heli 2014. Opas toimintakyvyn mittarin arviointiin TOIMIA-verkostossa (1.0). Verkkodokumentti.
<http://www.toimia.fi/opas/opas_print.pdf>. Luettu 22.1.2015.
- Atay, Fatihcan M. 1999. Balancing the Inverted Pendulum Using Position Feedback. *Applied Mathematics Letters* 12, 51–56.
- Autio, Tuire - Kaski, Satu 2005. Ohjaamisen taito. Liikunta tukemassa lapsen ja nuoren kasvua. Edita.
- Butikova, Eugene I. 2001. On the dynamic stabilization of an inverted pendulum. St. Petersburg: St. Petersburg State University.
- Cabrera, Juan Luis - Milton, John G. 2004a. Human stick balancing: Tuning Lévy flights to improve balance control. *Chaos* 14 (3).
- Cabrera, Juan Luis - Milton, John G. 2004b. Stick balancing: On-off intermittency and survival times. *Nonlinear Studies* 11 (3).
- Cabrera, Juan Luis - Luciani, Christian - Milton, John 2006. Neural control on multiple time scales: Insights from human stick balancing. *Condensed Matter Physics* 9 (2). 373-383.
- Cipra, Barry A. 2004. Life in the Balance. *SIAM News* 37 (8).
- Enoka, Roger M. 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. Fourth Edition. Champaign: Human Kinetics.
- Foo, Patrick - Kelso, J. A. Scott - de Guzman, Gonzalo C. 2000. Functional Stabilization of Unstable Fixed Point: Human Pole Balancing Using Time-to-Balance Information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 26 (4). 1281-1297.
- Hakkarainen, Harri - Jaakkola, Timo - Kalaja, Sami - Lämsä, Jari - Nikander, Antti - Riski, Jarmo 2009. Lasten ja nuorten urheiluvalmennuksen perusteet. VK-Kustannus Oy.
- Hatakka, Jukka - Saari, Heikki - Sirviö, Jarmo - Viiri, Jouni - Yrjänäinen, Sari 2010. *Physica 4 Liikkeen lait*. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Hazime, Fuad - Allard, Paul - Ide, Maiza R. - Siqueira, Cassio M. - Amorim, César F. - Tanaka, Clarice 2012. Postural control under visual and proprioceptive perturbations during double and single limb stances: Insights for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 16 (2). 224-229.
- Kauranen, Kari 2011. *Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen*. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura.
- Kauranen, Kari - Nurkka, Niina 2010. *Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille*. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura.

Kinsbourne, Marcel - Hicks, Robert E. 1978. Functional cerebral space: A model for overflow, transfer, and interference effects in human performance. *Attention and performance VII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kravitz, J. Dwight - Kadharbatcha, S. Saleem - Baker, I. Chris - Mishkin, Mortimer 2011. A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience* 12 (4). 217-230.

Magill, Richard A. 2011. *Motor learning and control: Concepts and Applications*. NY, USA: McGraw-Hill.

Proske, Uwe - Gandevia, Simon C. 2009. The kinaesthetic senses. *The Journal of Physiology* 587 (17).

Reeves, Peter - Narendra, Kumpati - Cholewick, Jecek 2010. Spine stability. Lessons from balancing a stick. *Clinical Biomechanics* 26 (4).

Richardson, Michael J. - Riley, Michael A. - Shockley, Kevin 2012. *Progress in Motor Control. Neural, Computational and Dynamic Approaches*. OH, USA: Springer.

Sand, Olav - Sjaastad, Øystein V. - Haug, Egil - Bjålie, Jan G. 2011. *Ihminen. Fysiologia ja anatomia*. Helsinki: WSOYpro Oy.

Sandström, Marita - Ahonen, Jarmo 2011. *Liikkuva ihminen - aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka*. VK-Kustannus Oy.

Shumway-Cook, Anne - Woollacott, Marjorie 2011. *Motor Control. Theory and Practical Applications*. MD, USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Schmidt, Richard A. - Lee, Timothy D. 1999. *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. Champaign: Human Kinetics.

Kepin tasapainottelutesti jalkapöydän päällä - ohjeet testaaajalle

Tarkasta, että testiympäristö on rauhallinen, ja että käytettävissä on tasainen ja kova testialusta, jonka ympärillä on riittävästi tilaa tasapainoiluun ja kepin kaatumiseen.

Testattavan turvallisuuden vuoksi testiin ei voi osallistua päihteiden vaikutuksen alaisena, vammautuneena, tai raskaan fyysisen tai kognitiivisen harjoituksen jälkeen. Myös akuutti tasapainoon vaikuttava sairaus (silmä-, korva-, tai aivoperäiset) on poissulkukriteeri.

Testiä varten tarvittavat:

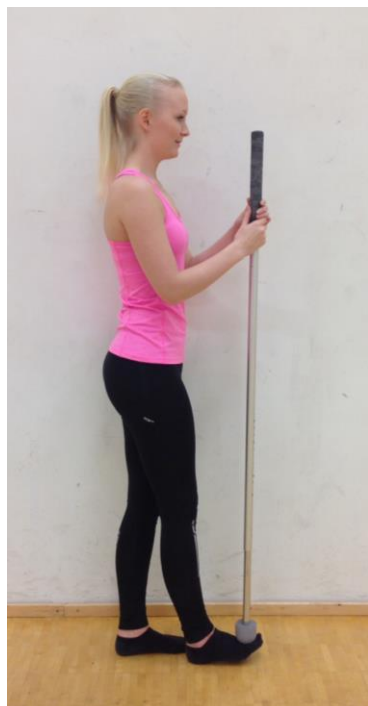
- testikepin
- sekuntikellon
- muistiinpanovälineet

Kerro aluksi testattavalle testin tarkoitus:

“Testissä tarkoituksena on yhdellä jalalla seisten tasapainotella keppiä jalkapöydän päällä liikuttamalla kepin alla olevaa jalkaa ja pitämällä katse kepin päässä.”

Selitä ja näytä sen jälkeen vaihe vaiheelta testisuorituksen kulku:

”Siirrä ensin oikeaa jalkaa hiukan eteenpäin ja aseta keppi oikean jalan jalkapöydän päälle omasta mielestäsi tukevimpaan kohtaan. Varpaita saa käyttää apuna.”



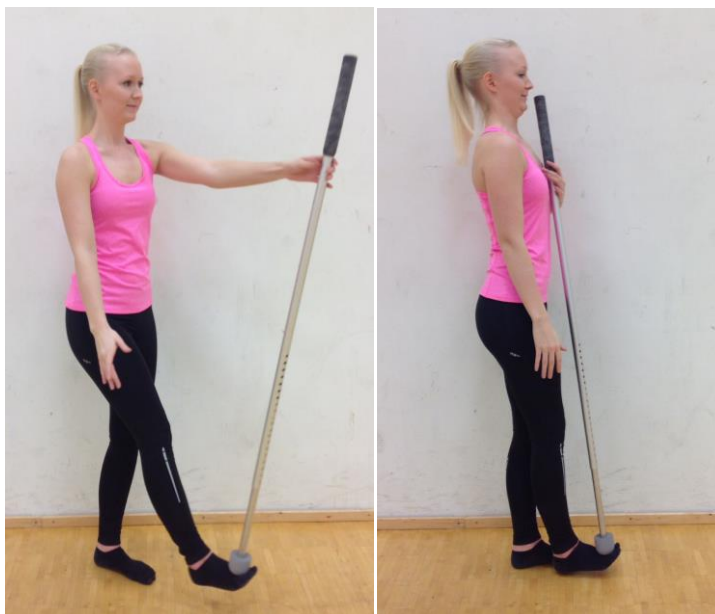
“Pidä kepeistä kiinni ja nosta etummainen jalka ilmaan niin, että polvi pysyy suorana. Pidä katse koko testin ajan kepin päässä.”



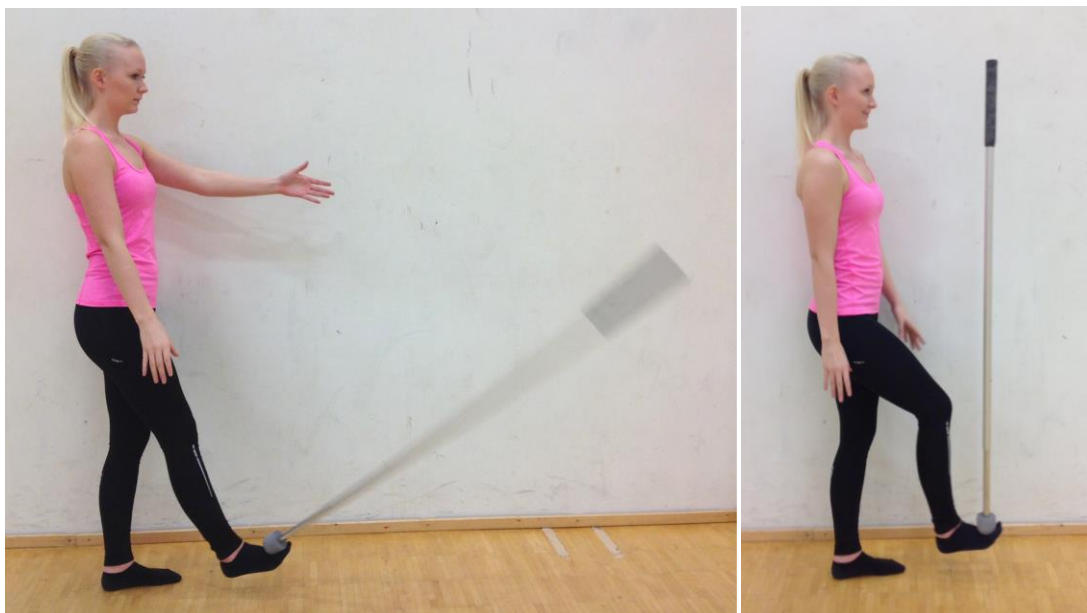
“Suoritus alkaa, kun irrotat selkeästi otteen kepeistä. Kädet ja ilmassa oleva jalka saavat liikkua vapaasti.”



”Suoritus päättyy, kun keppi koskettaa vartaloa tai kättä, tai jos tukijalka siirtyy alustalla. Suoritus hylätään, jos keppi kaatuu maahan, tai katse siirtyy pois kepin päästä.”

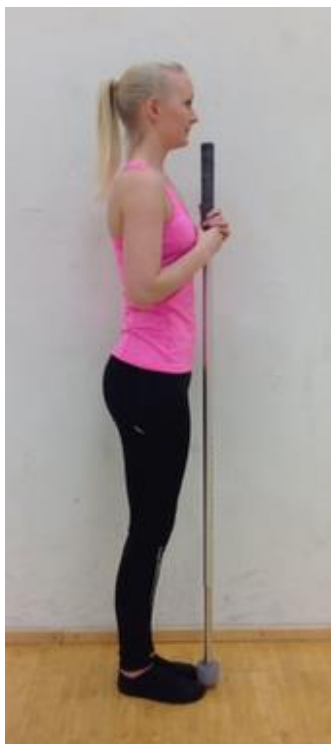


”Suoritus hylätään, jos keppi kaatuu maahan, tai ilmassa olevan alaraajan polvi koukistuu.”



”Voit kokeilla testiä ensin kaksi kertaa molemmilla jaloilla.”

Ennen kokeilua keppi säädetään testattavan pituuteen sopivaksi. Keppi on sopivan mittainen, kun testattavan seistessä jalat vierekkäin kepin yläpää on leuan korkeudella.



Valvo kokeilukertojen aikana testin oikeaa suoritusta ja tarkista, että testattavan ilmassa olevan jalan polvi pysyy suorana, katse pysyy kepin päässä ja käsien irrotus kepistä on tarpeeksi selkeä. Tässä vaiheessa voit vielä antaa suorituksista palautetta.

Kokeilukertojen jälkeen anna ohjeet varsinaisesta testistä:

”Suoritus tehdään viisi kertaa peräkkäin ensin oikea jalka edessä, ja sitten vasen jalka edessä. Odota jokaisen suorituksen välissä, että annan luvan seuraavaan suoritukseen.”

Tarkista ennen testiä, että testattava seisoo oikein alustalla. Asetu suoritusten ajaksi etuviistoon testattavaan nähden, jotta käsien irrotusta ja katseen pitämistä kepissä on mahdollista valvoa. Ota jokaisesta suorituksesta aikaa sekuntikellolla. Käynnistä ajanotto, kun testattava irrottaa selkeästi kädet kepistä. Pysäytä ajanotto välittömästi, kun keppi koskettaa testattavan kättä, tai vartaloa, tai testattavan tukijalka siirtyy alustalla.

Älä anna testisuoritusten aikana testattavalle palautetta. Huomauta kuitenkin testattavalle, jos testattavan katse siirtyy pois kepin päästä, tai ilmassa olevan jalan polvi koukistuu. Kun testattava on valmis, aloita testi sanomalla:

”Voit aloittaa testin.”

Merkitse jokaisen suorituksen jälkeen tulos, minkä jälkeen sano testattavalle:

”Voit tehdä toisen kerran.”

“Voit tehdä kolmannen kerran.” ja niin edelleen.

Viiden suorituksen jälkeen toistetaan sama vasen jalka edessä.

